

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-169567

(43)Date of publication of application : 09.07.1993

(51)Int.Cl. B29D 31/00
B29C 69/00
// B29K 79:00
B29K 83:00
B29L 31:00

(21)Application number : 03-310853

(71)Applicant : TOSHIBA CORP
MIURA HIROFUMI
SHIMOYAMA ISAO

(22)Date of filing : 26.11.1991

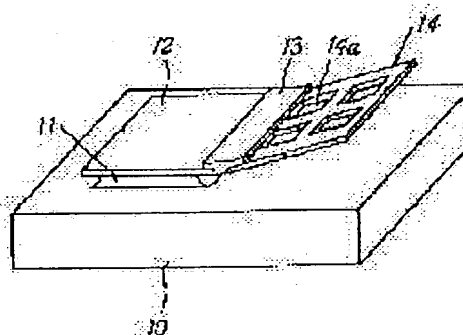
(72)Inventor : SUDO HAJIME
MIURA HIROFUMI
SHIMOYAMA ISAO

(54) COMPOSITE STRUCTURE

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a composite structure requiring no three-dimensional and fine machining or film processing, made easy to assemble, susceptible to bending motion in a non-slidable manner as necessary, and capable of being enhanced in energy efficiency.

CONSTITUTION: A three-dimensional body is formed by bending the planar pattern developed on a plane and the respective members constituting the three-dimensional body are formed from surface members 12, 14 composed of polysilicon and the part corresponding to the ridgeline part of the three-dimensional body mutually connecting the respective surface members is constituted of a member 13 composed of polyimide.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 20.11.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3230827

[Date of registration] 14.09.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-169567

(43) 公開日 平成5年(1993)7月9日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 9 D 31/00		7179-4F		
B 2 9 C 69/00		8115-4F		
// B 2 9 K 79:00				
83:00				
B 2 9 L 31:00		4F		

審査請求 未請求 請求項の数11(全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平3-310853

(22) 出願日 平成3年(1991)11月26日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(71) 出願人 591263488

三浦 宏文

東京都町田市玉川学園7-23-2

(71) 出願人 591263499

下山 勲

東京都練馬区光が丘3-9-1-904

(72) 発明者 須藤 肇

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会社東芝総合研究所内

(74) 代理人 弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

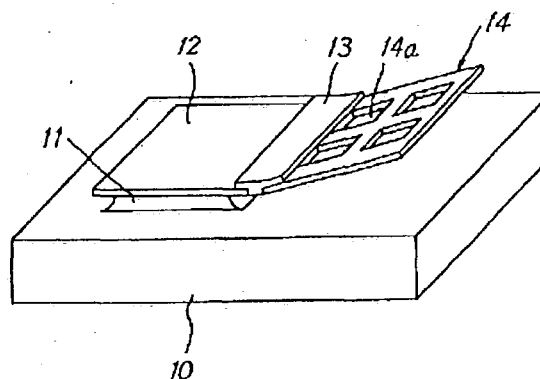
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合構造物

(57) 【要約】

【目的】 立体的で微細な機械加工或は薄膜加工等を必要とせず、組立てを容易にするとともに、必要に応じ無摺動で屈曲運動が可能でエネルギー効率の向上を図ることができる複合構造物を得ること。

【構成】 平面上に展開した平面パターンを折り曲げることによって3次元立体を形成するようにするとともに、その3次元立体を構成する各部材をポリシリコンからなる面部材12、14によって形成し、その各面部材を互いに連結する3次元立体の稜線部に対応する部分を、ポリイミドからなる部材13によって構成した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】平面上に展開した平面パターンを折り曲げることによって3次元立体を形成するようにするとともに、その3次元立体を構成する各部材をヤング率の大きい物質からなる面部材によって形成し、その各面部材を互いに連結する3次元立体の稜線部に対応する部分を、ヤング率の小さい物質からなる部材によって構成したことを特徴とする複合構造物。

【請求項2】3次元立体を形成する平面パターンには、折り曲げ部と切り込み部が設けられていることを特徴とする、請求項1記載の複合構造物。

【請求項3】平面パターンは、薄膜の形成、露光、焼付、エッチングの過程を経て一体的に形成されることを特徴とする、請求項1又は2記載の複合構造物。

【請求項4】ヤング率が小さい物質は、熱によって塑性変形させることができる物質であることを特徴とする、請求項1記載の複合構造物。

【請求項5】ヤング率の大きい物質はポリシリコンであることを特徴とする、請求項1記載の複合構造物。

【請求項6】ヤング率の小さい物質はポリイミドであることを特徴とする、請求項1記載の複合構造物。

【請求項7】ヤング率の大きい物質でできた部材は、互いに嵌合可能としてあることを特徴とする、請求項1記載の複合構造物。

【請求項8】所定のヤング率の大きい物質でできた部材間或はその部材と基板との間に電圧を印加することによって、それらの間に吸引力或いは反発力が発生するようにしたことを特徴とする、請求項1乃至7のいずれかに記載の複合構造物。

【請求項9】所定のヤング率の大きい物質でできた部材間には、一方方向性のアクチュエータが設けられていることを特徴とする、請求項1乃至7のいずれかに記載の複合構造物。

【請求項10】少なくとも一面が開口した3次元立方体からなり、その開口している部分には対角線部分の長さを変える一方方向性のアクチュエータが設けられていることを特徴とする複合構造物。

【請求項11】アクチュエータによって駆動される少なくとも1つの面には、脚または腕の如き被動アームが設けられていることを特徴とする、請求項10記載の複合構造物。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、特にマイクロロボット等を形成する微小構造体の構成に適した複合構造物に関する。

【0002】

【従来の技術】最近、マイクロロボットの研究、開発に伴い、薄膜技術を用いて構造体を形成する手段が、微小機械を構成する上で有用な手段となっている。しかも、

微小機械にあつては、平面的で非可動的な構造体に加え、近年は立体的および可動的な構造体の研究が盛んになってきている。

【0003】すなわち、図10は米国カリフォルニア大学パークレイ校で製作された全長150mμの微小クラック機構(IEEE, Proceeding of Micro Robot and Teleoperators Workshop, '87, "From ICs to Microstructures")であり、シリコン基板上に構成されたポリシリコン製の2つのレバー1, 2をリンク3で連結したものである。すなわち、レバー1および2はそれぞれ軸4, 5で揺動可能としてあり、リンク3の両端がそれぞれレバー1および2の一端に枢着してある。

【0004】しかし、このレバー等からなるクラック機構は、4個の関節部は摺動的に回転運動を行ない、その結果このクラック機構で平面内での運動を実現させることができる。

【0005】また、図11はシリコン基板6上にシリコン製の支柱7を立て、その上に形成したポリイミド製の梁8で更に別のシリコン製の薄板からなる電極9を支承するようにしたもので、ポリイミド部材が主材で絶縁材を兼ねており、基板6および支承されたシリコン製の電極9との間に電位差を設けることにより、シリコン製の電極を可動とするものである(IEEE, Proceeding of Micro ElectroMechanical Systems, '89 "Design and Fabrication of Movable Silicon Plates Suspended by Flexible Supports")。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところが、このような構造体においては次のような問題がある。すなわち、図10に示したようなものにおいては、摺動的な運動を行なわせることはできるが、微小化に伴い慣性力に比べて摩擦力が相対的に大きくなるためにエネルギー効率が悪くなり、高速、高負荷、長時間の運動を行なわせることができない等の問題がある。

【0007】また、図11に示すものにおいては、電極9に相当する部分がポリイミド製の梁8によってのみ支承されているため強度的に弱く外界に対して作業を行なう機構用の構造体として適用することは不可能である。

【0008】すなわち、従来の薄膜技術によって製造される微小構造体では、一体的に形成される部材部分は略平面的であつて、閉リンク構造を含み、3次元な運動が可能な構造体を構成することはきわめて困難である。

【0009】本発明はこのように鑑み、立体的で微細な機械加工或は薄膜加工等を必要とすることなく、3次元の構造体を構成でき、組み立てを容易にするとともに、必要に応じ無摺動で屈曲運動が可能でエネルギー効率の向上をも図ることができる複合構造物を得ることを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、平面上に展開

した平面パターンを折り曲げることによって3次元立体を形成するようにするとともに、その3次元立体を構成する各部材を、例えばポリシリコンの如きヤング率の大きい物質からなる面部材によって形成し、その各面部材を互いに連結する3次元立体の稜線部に対応する部分を、例えばポリイミドの如きヤング率の小さい物質からなる部材によって構成したことを特徴とする。また、本発明の第2の発明は、所定のヤング率の大きい物質でできた部材間或はその部材と基板との間に電圧を印加することによって、それらの間に吸引力が発生するようにし、或は所定のヤング率の大きい物質でできた面部材間には一方向性のアクチュエータが設けられていることを特徴とする。

【0011】また第3の発明は、3次元立体が少なくとも一面が開口した立方体からなり、その開口している部分には対角線部分の長さを変え一方向性のアクチュエータが設けられていることを特徴とする。

【0012】

【作用】本発明の複合構造物を形成する作業は上記ヤング率の小さい物質を屈曲するだけで最終的な立体形状を実現することができ、この立体形状の安定化は必要に応じて各面部材間を嵌合連結によって行なうことができ、作業労力を著しく低減することができる。

【0013】また、ヤング率の大きい物質でできた面部材間の相対的運動をアクチュエータ等を介して上記ヤング率の小さい物質の屈曲動作を用いて行なわせることができ、この場合摺動が伴わないので、長時間の運動の継続も可能となる。

【0014】また、第3の発明においては、アクチュエータにより対角線部分の長さを変え、所定の面部材の所定方向への偏位が生じる。したがって、上記面部材に例えば脚を突設することによって、上記脚を運動させることができる。

【0015】なお、ここでいう「ヤング率の高い物質」、「ヤング率の低い物質」とは両者のヤング率の相対関係から決定されるものである。

【0016】

【実施例】図1は、本発明の複合構造物を微小構造体に適用した基本構成を示す図である。すなわち、図中10はシリコン基板であり、そのシリコン基板10上にはS i O₂ 或はPSG（リン酸塩ガラス）からなる支承部11を介して比較的ヤング率が大きい物質であるポリシリコン製の第1の板状部材12が装着されており、その板状部材12の側面には、第1の板状部材12に比べてヤング率が小さい物質であるポリイミドからなる細片13の一端部が固着され、その細片13の他端部には、第1の板状部材12と同一のポリシリコン製の複数の開孔14aを有する第2の板状部材14が連結されている。

【0017】ところで、このような構成は標準的な薄膜技術によって形成される。

【0018】すなわち、まずシリコン基板10上にS i O₂ 或はPSG（リン酸塩ガラス）とポリシリコンをこの順番でCVDを用いて積層する。次にそのポリシリコンの上面にフォトリソを塗布し、前記第1の板状部材12および第2の板状部材14のパターンを描画し、現像後ポリシリコンをパターン通りにエッチングし、図1に示す第1および第2の板状部材12、14を構成するポリシリコンの部分形成する。

【0019】さらに、細片13を構成するポリイミドの部分と同様な過程で形成した後フォトリソを除去し、フッ酸によってS i O₂ 或はPSG部を溶かし去る。

【0020】ところで、上記第2の板状部材14はエッチングによって複数（図では4個）の開孔14aが設けられているので、この下層のS i O₂ 或はPSG部はこの開孔14aと側面部とフッ酸と反応して完全に溶かし去られる。一方第1の板状部材12の下層のS i O₂ 或はPSG部11は上面でのフッ酸との反応がなく、反応面積の少ない側面部のみで反応が進み、図1に示すように90%以上がシリコン基板10上に残る。

【0021】このようにして、S i O₂ 或はPSGからなる支承部11に取着されている第1の板状部材12の側面にヤング率の小さい物質からなるポリイミド部を挟んでヤング率が大きいポリシリコンからなる第2の板状部材14が片持式に支持連結されたものが形成される。

【0022】しかし、第2の板状部材14はヤング率がポリシリコンの10%以下であるポリイミド部において無摺動的に容易に屈曲動作を行なうことができる。

【0023】図2および図3は、六面体構造の3次元微小立体を構成するようにしたものであって、図1に示す第1実施例と同様の製法によってシリコン基板とS i O₂ 或はPSGの台座30上に六面体のポリシリコンからなる底面部31が固着され、その四角形の底面部31の四方に、図2に示すように上記六面体の側面部32a、32b、32c、32dおよび上面部32eが、六面体を平面上に展開した平面パターンとして形成されている。

【0024】すなわち、底面部31の各辺部にはそれぞれポリシリコンよりヤング率が小さいポリイミド部33a、33b、33c、33dを介して四角形の側面部32a、32b、32c、32dが接続され、側面部32cの先端側にさらにポリイミド部33eを介して四角形の上面部32eが接続されている。側面部32aには、その両側辺部すなわちポリイミド部33aと直交する両側縁部に、各側辺と平行に延びる嵌合溝34_{a1}、34_{a2}が設けられ、さらに先端辺側には嵌合突片35aが突設されている。

【0025】また、側面部32bおよび32dには、側面部32a寄りの側辺部に嵌合突片35_{b1}、35_{b2}がそれぞれ突設され、その反対側側辺部にポリイミド部33

b, 33dにそれぞれ直交する方向に延びる嵌合溝34b, 34dが設けられている。さらに先端辺側には嵌合突片35₁, 35₂がそれぞれ突設してある。

【0026】側面部32cにはその両側辺部に嵌合突片35₁, 35₂が突設されており、さらに上面部32eの両側辺部および先端辺部には各辺に平行に延びる嵌合溝34₁, 34₂, 34₃が形成されている。

【0027】そこで、各ポリイミド部33a, 33b, 33c, 33dおよび33eにおいて各側面部32a~32dおよび上面部32eを屈曲し、図3に示すように、側面部32d, 32dの嵌合突片35₁, 35₂をそれぞれ側面部32aの嵌合溝34₁, 34₂に挿入係合し、また側面部32cの嵌合突片35₁, 35₂をそれぞれ側面部32b, 32dの嵌合溝34b, 34dに挿入係合し、さらに上面部32eの各嵌合溝34₁, 34₂, 34₃を各側面部32a, 32b, 32dの嵌合突片35₁, 35₂, 35₂に嵌合することによって、3次元微小立体を組立てることができる。なお、ここで組立てられた3次元微小立体の寸法は、面部材の対角線長さで約150μmである。

【0028】しかして、この六面体構造の微小構造体を単に各面部材間の接続部に介装され立体の稜線部を形成するポリイミド部の無摺動的な屈曲と嵌合溝と嵌合突片との嵌合によって容易に組立てることができ、組み立て後の形状安定性も十分確保することができる。また嵌合後は摩擦力或は適当な方法で締結することができる。

【0029】図4は本発明に係る微小構造体をアクチュエータとして利用できるようにしたものであり、上記両実施例と同様にして、シリコン基板40にSiO₂或はPSGの台座を介してポリシリコンからなる基板部41が取着されており、その基板部41の対向する側辺部にポリイミド部42a, 42bを介してポリシリコンからなる側面部43a, 43bが接続され、他の辺部にポリイミド部42cを介してポリシリコンからなる可動面部44が接続されている。そして、上記側面部43a, 43bの一端辺には、先端に嵌合溝45aを有するバネ部45が一体的に形成されている。

【0030】したがって、両側面部43a, 43bおよび可動面部44をそれぞれポリイミド部42a, 42bおよび42cで屈曲し、バネ部45の嵌合溝45aを可動面部44の先端部両側に設けられている嵌合突片44aに嵌合することによって微小構造体が形成される。

【0031】しかして、上記シリコン基板40と可動面部44との間に適宜手段によって電圧を印加すると、このシリコン基板40とポリシリコンからなる可動面部44間に静電力による吸引力が発生し、可動面部44がシリコン基板40側にポリイミド部42cを軸として移動する。そして、上記印加電圧を除去すると、バネ部45のバネ力によって可動面部44がシリコン基板40から離れる方向に移動する。したがって、この電圧の印加と

除去を繰り返すことによって可動面部を振動状態にすることができる。なお、ここで示されたアクチュエータの寸法は可動面部の対角線長さで約500μmである。

【0032】図5および図6は本発明の複合構造物によって変形可能な3次元微小立体を形成した実施例を示す図であり、この場合ポリシリコン部材はシリコン基板上から外してある。この実施例はマイクロアクチュエータとして実現しやすいように単純な正三角形を複数個組み合わせて骨格が形成されている。

【0033】すなわち、先に説明した製造方法によって、図5に示すように、8個の正三角形のポリシリコン部50a, 50b, …50hが順次上下逆向きにして折れ線部を形成するポリイミド部51a, 51b…51gを介して接続された平面的な展開平面パターンとして形成される。そして、このパターンの両端縁部52a, 52bを嵌合したり弾性的に結合することによって、8個の正三角形からなる上下両端が開いた筒状の立方体が形成されている。すなわち、この場合上下両端開口部53a, 53bはともに正四角形で、互いに中心軸線回りに45°位相のずれた形状になっている(図6)。

【0034】しかして、この実施例においては、上下の面が空間となっているので変形が可能であり、四角形の対角線に伸縮するアクチュエータを取り付けて、ON-OFF制御をすることによってポリシリコン部50a, 50b…50hを変形させることができる。

【0035】なお、上記実施例ではポリシリコン部として8個の正三角形を用いたが、本形状に特定されるものではなく、複数の平板状部材によって中空構造を構成することができる。

【0036】図7は、図6に示す構造物を脚運動機構に適用した実施例を示す図であり、上下両端開口部53a, 53bには、各対角線上にその対角線を伸縮するアクチュエータ54a, 54b, 54c, 54dが設けられており、側壁を構成する一つのポリシリコン部50cには脚55が設けられている。なお、ここでアクチュエータ54a~54dは2つずつ組になって動作するようにしてある。すなわち、アクチュエータ54aが縮むときはアクチュエータ54bが伸び、逆にアクチュエータ54bが縮むときはアクチュエータ54aが伸びるように制御し、一方アクチュエータ54c, 54dも同様に作動させる。また、組になっているアクチュエータの一方を作動させるとき、他方のアクチュエータはフリーにし、低ヤング率部分の弾性力を用いて一方のアクチュエータの作動に対応させるようにしてもよい。

【0037】しかして、図7の(a)に示すように、アクチュエータ54aを作動させ、3次元立体の頂点A, A間を接近させると脚55が下方に動き、アクチュエータ54bを作動させて、頂点B, B間を接近させると脚55が上方に動く。また、アクチュエータ54cを作動させ頂点C, C間を接近させると、脚55が図7の

(b)に示すように図面上左方向に移動し、アクチュエータ54dを作動させ頂点D、D間を接近させると図7の(c)に示すように脚55が図面上右方向に移動する。

【0038】したがって、アクチュエータ54aを作動させて脚55を下方に移動して例えば床等の表面に圧接し、その後アクチュエータ54cを作動させ頂点C、C間を接近させると、脚55に図7において左方への力が働き、立方体自体で右方に移動し、この動作を順次繰り返すことにより歩行動作を行なわせることができる。

【0039】このように、図7は1本の脚部の構成を示すものであって、例えば蟻のような動きをさせるためにはこれを6個組み合わせ、3本ずつ組にして交互に動かせば歩かせることもできる。また、上述した脚55を腕などの代わりとして利用することもできる。

【0040】図8は微小立体構造物を羽のはばたき機構に適用した例であり、ポリシリコン製の側板61と62には羽部63がポリイミド製のヒンジ部63、64を介して取着されている。また、両側板61と62との間および側板61と羽部63との間には前述と同様なりニア
10 アクチュエータ65、66が内部に取着されている。

【0041】しかして、このリニアアクチュエータ65、66を交互に収縮、伸張を繰り返すことにより、羽部63がポリイミド製のヒンジ部63、64を中心として揺動運動を行なう。そこで、このアクチュエータの振動を微小構造体の共振点に合致させれば、エネルギー効率の良いはばたき運動が可能となる。

【0042】また、上記ポリイミド製のヒンジ部は適当な回転保持機構で代替してもよく、或は前述の如き嵌合機構の許容可動域を利用してかまわない。

【0043】図9は、図8の具体的な構成例で、ポリシリコン製の板状部70a、70b、70cおよびポリイミド製のヒンジ部71a、71bによって構成されたU字状の本体部72の頂端両側に、ポリイミド製のヒンジ部71c、71dを介してポリシリコン製の羽部72a、72bが接続されている。また、同様にポリシリコン製の板状部73a、73b、73cおよびポリイミド製のヒンジ部71e、71fによって構成されたU字状の駆動機構部74がヒンジ部71e等と直交する方向に
20 延びる切り込み75によって本体部分と区別形成されており、この駆動機構部74の頂端両側が、それぞれポリシリコン製の羽部72a、72bに対して上記ヒンジ部71c、71dより羽先端部側にポリイミド製のヒンジ部71g、71hによって接続されている。なお、図9に示す構造体は各ヒンジ部を折り曲げることにより完全な平面体となるように構成されている。

【0044】しかして、上記本体部72と駆動機構部74とはポリイミド製のヒンジ部で互いに絶縁状態にされているため、両者の板状部70b、73b間に適当な電位差を与えれば、静電力が発生し、両者間に吸引力が発
50

生し、また印加電圧を除去すると両者が離間する。したがって、これを交互に繰り返すことによって羽部72a、72bを実線位置および2点鎖線位置間で揺動させることができる。なお、板状部70b、73b間に電位差を与えることにより両者間に反発力が発生するようにしてもよい。

【0045】ところで、上記各実施例においては、導電体を製造過程で埋設することが可能であり、配線部のスペース効率の向上を実現することができる。さらに屈折部等
10 等使用される低ヤング率からなる物質が、塑性変形と弾性変形を加熱等によって制御可能な材料の場合では、必要に応じて屈曲状態となるように塑性変形させ形状の保持安定化を図ることもできる。

【0046】なお、上記実施例ではヤング率が高い物質としてポリシリコンを使用したものを示したが、亜鉛、アルミニウム、金、銀、銅、ニッケル、ガラス等を使用することができ、またヤング率が低い物質としては、ポリイミド以外にポリアミド、フェノール、ポリカーボネート、ポリブチレンテレフタレート、ポリフェニレンサルファド、ポリエーテルスルホン、ポリエステル、エポキシ、ビスマレイド、ポリエーテルエーテルケトン、ポリ
20 アミドイミド等を使用することができる。

【0047】

【発明の効果】本発明は以上のように構成したので、3次元立体を実現する場合に、立体的で微細な機械加工或は薄膜加工を必要とせず、平面的な展開パターンを低ヤング率の物質からなる稜線部で屈曲させるだけでよく、
30 独立したパーツ毎に行なっていた従来の組み立て作業に比べ労力と時間を著しく低減させることができる。また、曲面的な立体に対しても平面近似して展開パターンを作成した後、同様な手法で組み立てればよいので、形状毎に特別な加工治具を用意する必要がなく、数百μm程度の大きさの3次元微細立体の組立も容易に行なうことができる。また、低ヤング率の部分で無摺動の屈曲をさせるので、摩擦がなく、長時間にわたって屈曲運動が行われるものにおいても、小さなエネルギーで形状精度の低下や破壊状態を伴うことなく長時間の運動状態を維持させることができる。

【0048】また、平面部を運動機能をもつ部材で作成し、低ヤング率の屈曲部をエネルギー伝達部材を埋設した絶縁材で作成すれば、これらも薄膜技術を利用できるため、運動機構を構成する場合、構成部品点数の低減ができ、高信頼性と高精度の確保を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の複合構造物の基本構成を示す図

【図2】本発明の1実施例における3次元微細立体の平面展開パターン図

【図3】図2のパターンを立体的に構成する過程を示す図

【図4】本発明の複合構造物をアクチュエータとして構

9

10

成した他の実施例を示す図

【図5】本発明の他の実施例における立体の平面展開パターン図

【図6】図5のパターンによって形成された立体の斜視図

【図7】図6の立体を脚運動機構に適用した場合の運動状態説明図

【図8】本発明の複合構造物を羽ばたき機構に適用する際の原理を示す図

【図9】図8の原理図を具体化した例を示す図

【図10】従来の微細構造物の一例を示す図

【図11】従来の微細構造物の他の例を示す図

【符号の説明】

10, 40 シリコン基板

11 支承部

12 第1の板状部材

13 ポリイミドからなる細片

14 第2の板状部材

32a, 32b, 32c, 32d 側面部

32e 上面部

33a, 33b, 33c, 33d, 33e ポリイミド部

41 基板部

42a, 42b, 42c ポリイミド部

44 可動面部

10 45 バネ部

50a...50h シリコン部

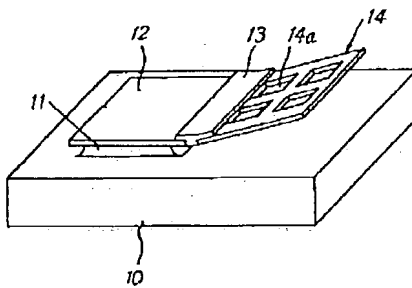
51a, ...51g ポリイミド部

54a, 54b, 54c, 54d アクチュエータ

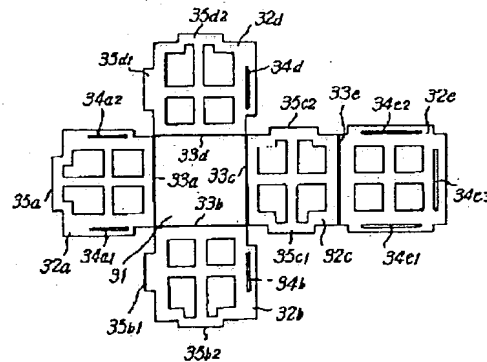
55 脚

63, 72a, 72b 羽部

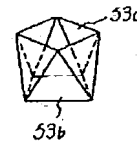
【図1】



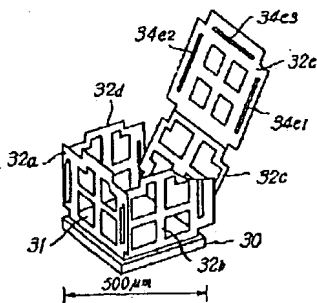
【図2】



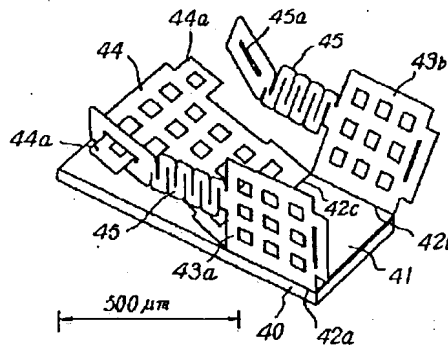
【図6】



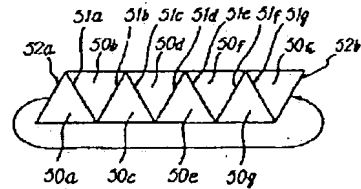
【図3】



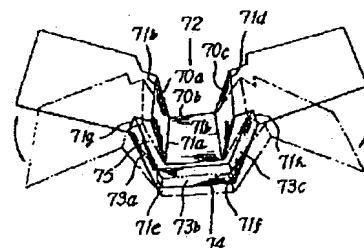
【図4】



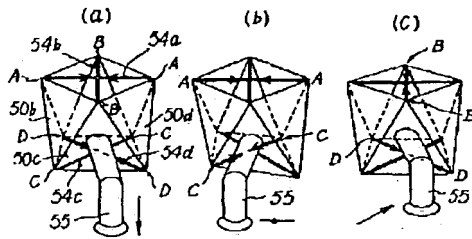
【図5】



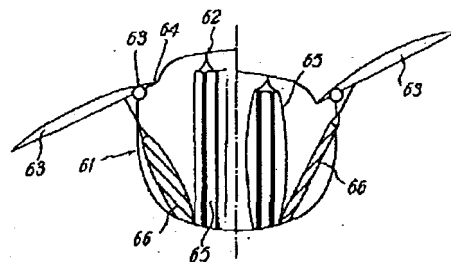
【図9】



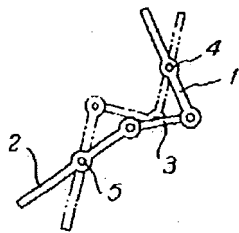
【図7】



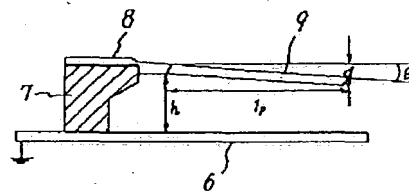
【図8】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 三 浦 宏 文
東京都町田市玉川学園7-23-2

(72)発明者 下 山 勲
東京都板橋区赤塚新町3-32-11-504